

**Einfluss gesteuerten Ladens
von Elektrofahrzeugen
auf die Netzbetriebsführung
bei volatiler Windeinspeisung**

Michael Agsten



Universitätsverlag Ilmenau
2012

Impressum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dies ist eine leicht geänderte Fassung der Arbeit, die der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität Ilmenau als Dissertation vorgelegen hat.

- Tag der Einreichung: 2. Mai 2011
1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Westermann
(Technische Universität Ilmenau)
2. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Zbigniew A. Styczynski
(Otto-Von-Guericke-Universität Magdeburg)
3. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Rauschenbach
(Fraunhofer-Anwendungszentrum Systemtechnik AST Ilmenau)
- Tag der Verteidigung: 10. Oktober 2011

Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek

Universitätsverlag Ilmenau

Postfach 10 05 65

98684 Ilmenau

www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag

Herstellung und Auslieferung

Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG

Am Hawerkamp 31

48155 Münster

www.mv-verlag.de

ISSN 2194-2838 (Druckausgabe)

ISBN 978-3-86360-023-5 (Druckausgabe)

URN urn:nbn:de:gbv:ilm1-2012100060

Titelfotos:

©iStockphoto.com : JLGutierre ; timmy ; 3alexid ; Elxeneize ; tap10

yuyang/Bigstock.com

M. Streck, FG EGA | F. Nothnagel, FG EGA | D. Westermann, FG EEV

Inhaltsverzeichnis

Begriffsverzeichnis	10
Formelzeichen	12
1 Einleitung und Motivation	13
2 Stand der Technik und Zielsetzung der Arbeit	16
2.1 Elektrische Energieversorgung	16
2.1.1 Erzeugungsmix in Deutschland	16
2.1.2 Netzbetriebsführung	17
2.1.3 Lastmanagement	21
2.1.4 Gesteuertes Laden im liberalisierten Umfeld	23
2.1.5 Zusammenfassung	24
2.2 Elektrofahrzeuge	25
2.2.1 Ausführungsformen	27
2.2.2 Batterietechnologie	29
2.2.3 Ladearten von EVs	31
2.2.4 Ladebedarf und zeitliche Verteilung	35
2.2.5 Überlagerung von Ladevorgängen und auftretende Leistungsspitzen	38
2.2.6 Forschungsprojekte Elektromobilität Deutschland	39
2.2.7 Zusammenfassung	41
2.3 Zielsetzung und Forschungsfragen	41
3 Entwurf Betriebsverfahren	43
3.1 Steuerungsfunktionen	43
3.1.1 Lokales Lastmanagement (LLM)	44
3.1.2 Wind-2-Vehicle (W2V)	51
3.2 Berechnungsansatz quasistationärer Ladevorgang	57
3.2.1 Ladearten	58
3.2.2 Ladevorgangsmodell	61

3.3	Zusammenfassung.....	68
4	Fallstudien	71
4.1	Feldversuch Heimladung von Elektroautos.....	71
4.1.1	Hintergrund zur Fallstudie und Methodik	71
4.1.2	Versuchsbedingungen	72
4.1.3	Technisches Funktionsprinzip	74
4.1.4	Steuerungslogik	76
4.1.5	Datenanalyse Probetrieb	77
4.1.6	Lastprofile Elektromobilität mit variablen Ladeleistungen	86
4.1.7	W2V Güte im Feldversuch und Smart Charge Potential	90
4.1.8	W2V Güte großer Flotten	92
4.1.9	Vermeidung Drosselung von EEG Einspeisungen mit EVs..	97
4.1.10	Zusammenfassung	100
4.2	Numerische Analyse zum Einfluss der Ladung von EVs im Verteilnetz	102
4.2.1	Hintergrund zur Fallstudie und Methode	102
4.2.2	Voruntersuchungen zu kritischen Netzbelastungen.....	103
4.2.3	Anwendung Betriebsverfahren LLM	112
4.2.4	Szenario 1	116
4.2.5	Szenario 2	124
4.2.6	Robustheit Lokales Lastmanagement	133
4.2.7	Zusammenfassung	136
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	138
	Literaturverzeichnis	I
A	Anhang.....	XII
A.1	Normierung Ladestecker und Kommunikation	XII
A.2	Einzelnachweise zu Mobilität in Tabellen	XVI
A.3	Statistik Fahrzeugbestand PKW und Anzahl Haushalte 2010.....	XX

A.4	Referenzverteilnetz	XXI
A.5	Dokumentation Simulationssystem.....	XXX
A.5.1	Zeitreihensimulation	XXX
A.5.2	Verwendete Programme.....	XXXI
A.6	Simulationsergebnisse	XXXII
A.6.1	Extremszenario	XXXII
A.6.2	Zeitreihenanalyse.....	XXXIV